

# Pendugaan Luas Panen Berdasarkan Luas Tanam Padi Propinsi Sulawesi Selatan Dengan Model *State Space*

Anisa\*, Utami Dyah Syafitri\*\*

## Abstrak

Ketersediaan informasi dalam pengambilan kebijakan menjadi mutlak adanya. Dalam prakteknya, informasi dari daerah ke pusat berjalan lambat. Kebutuhan data pada triwulan pertama baru dapat diberikan pada triwulan berikutnya. Sehingga diperlukan metode untuk menduga data pada triwulan pertama berdasarkan histori sejarah pada waktu-waktu sebelumnya. Salah satu teknik statistika yang dapat digunakan untuk menduga data tersebut adalah model *state space*. Model *state space* dapat digunakan untuk meramalkan suatu peubah berdasarkan peubah lain dan merupakan pendekatan untuk memodelkan dan prediksi secara bersama beberapa data *time series* yang saling berhubungan dimana peubah-peubah tersebut mempunyai interaksi yang dinamis. Dalam makalah ini, model *state space* digunakan untuk menduga luas panen produksi padi berdasarkan luas tanam padi, begitu juga sebaliknya digunakan untuk meramalkan luas panen padi berdasarkan luas tanam padi.

**Kata-kata kunci:** *model state space*.

## 1 Pendahuluan

Dalam era globalisasi dewasa ini ketersediaan informasi yang mampu mendukung suatu kebijaksanaan menjadi suatu yang mutlak diperlukan. Indonesia sebagai salah satu negara yang masih bergantung pada sektor pertanian memerlukan informasi yang cepat dan akurat setiap tahunnya. Salah satu informasi yang penting tersebut berkaitan dengan sektor pangan terutama beras. Hal ini disebabkan karena beras merupakan makanan pokok bagi rakyat Indonesia.

Ketersediaan informasi mengenai berapa tingkat beras yang akan diproduksi berkaitan dengan ketersediaan data di lapang. Informasi data dari daerah ke pusat menjadi perhatian utama. Karena kebutuhan yang mendesak sebagai laporan pada triwulan pertama setiap tahunnya menuntut tersedianya informasi data yang cepat. Namun dalam prakteknya seringkali informasi dari daerah ke pusat lambat. Kebutuhan data pada triwulan pertama baru dapat diberikan pada triwulan berikutnya. Sehingga dalam hal ini diperlukan suatu metode untuk menduga data pada triwulan pertama berdasarkan histori sejarah pada tahun-tahun sebelumnya.

Informasi mengenai ketersediaan beras tersebut dapat diketahui dari luas tanam dan luas panen padi. Salah satu permasalahan adalah dalam menduga luas panen dan luas tanam tersebut, kedua peubah tersebut tidak bisa berdiri sendiri-sendiri. Luas panen dipengaruhi oleh luas tanam, begitu juga sebaliknya luas tanam dipengaruhi juga oleh luas panen.

Salah satu teknik statistika yang digunakan untuk memprediksi suatu peubah *time series* (peubah respon) dengan memasukkan peubah lain sebagai peubah penjelasnya (peubah input) adalah fungsi transfer. Fungsi transfer ini dikenal juga sebagai *dynamic regression models* atau ARIMAX. Seperti halnya pada metode statistika lainnya, supaya fungsi transfer menghasilkan ramalan yang akurat, maka dibutuhkan beberapa asumsi yang seharusnya

\* Staf Pengajar pada Jurusan Matematika FMIPA Universitas Hasanuddin Makassar

\*\* Staf Pengajar pada Departemen Statistika FMIPA Institut Pertanian Bogor

dipenuhi. Salah satu asumsi dalam fungsi transfer adalah tidak ada *feedback*. *Feedback* yang dimaksud adalah peubah input tidak dipengaruhi oleh histori dari peubah responnya. Jika terdapat *feedback* maka digunakan model lain yaitu *model state space*. Model *state space* yang pertama kali diperkenalkan oleh Kalman [1] dan Kalman & Bucy [1] adalah suatu pendekatan untuk memodelkan dan memprediksi secara bersama beberapa data *time series* yang saling berhubungan di mana peubah-peubah tersebut mempunyai interaksi yang dinamis.

## 2 Model State Space

Model *state space* menggambarkan data deret waktu melalui peubah tambahan (*a state vector*). *State vector* berisi ringkasan semua informasi dari nilai sebelumnya dan nilai sekarang dari suatu deret waktu yang sesuai dengan prediksi dari nilai yang akan datang.

Menurut Wei [3], model *state space* didefinisikan sebagai persamaan transisi berikut

$$\underline{z}_{t+1} = F \underline{z}_t + G \underline{a}_{t+1}$$

dimana :

$\underline{z}_t$  = *state vector* dengan dimensi  $s$ .  $\underline{z}_t$  berisi  $r$  unsur pertama terdiri dari  $\underline{x}_t$ , vektor dari peubah pengamatan, serta sisanya berisi nilai prediksi masa yang akan datang dari  $\underline{x}_t$ .

$F$  = matrik transisi berukuran  $s \times s$ , yang menentukan sifat dinamis dari model.

$G$  = matrix input berukuran  $s \times r$ , yang menentukan struktur ragam dari persamaan transisi. Matrik ini mengontrol bagaimana pengaruh acak supaya dimasukkan dalam  $\underline{z}_t$

$\underline{a}_t$  = sederetan vektor berdimensi  $r$  yang menyebar normal dengan nilai tengah 0 dan matriks ragam peragam  $\Sigma_{ee}$ .

Dalam makalah ini sebelum menggunakan model *state space*, terlebih dahulu akan dilakukan pemodelan dengan menggunakan fungsi transfer. Hal ini dimaksudkan untuk melihat apakah terjadi *feedback* atau tidak. Apa dan bagaimana fungsi transfer itu, akan dijelaskan dalam uraian berikut.

## Pemodelan dengan Fungsi Transfer

Dalam SAS Ins. [2], model fungsi transfer merupakan suatu model yang digunakan untuk memprediksi nilai peubah penjelas (*explanatory variable*) yang digunakan untuk memprediksi peubah responnya (*dependent variable*).

Untuk suatu fungsi transfer yang sederhana, diasumsikan antara peubah penjelas dan peubah respon mempunyai hubungan yang sejalan. Artinya, prediksi peubah penjelas pada  $t+1$  menerangkan perilaku dari peubah respon pada  $t+1$  pula.

Model fungsi transfer dengan satu peubah penjelas dan  $k$  lags sebagai berikut :

$$Y_t = \mu + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + \beta_k X_{t-k} + Z_t$$

di mana :

|                           |   |  |
|---------------------------|---|--|
| $Y_t$                     | = | peubah respon ( <i>series</i> )                            |
| $\mu$                     | = | bentuk konstan   |
| $\beta_0$                 | = | parameter berhubungan dengan nilai ke- $t$ peubah penjelas |
| $X_t$                     | = | nilai ke- $t$ peubah penjelas                              |
| $\beta_1, \dots, \beta_k$ | = | parameter yang bersesuaian dengan nilai lag pada           |

$$\begin{array}{ll}
 X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-k} & = \text{peubah penjelas} \\
 & = \text{parameter yang bersesuaian dengan nilai lag pada} \\
 & \text{peubah penjelas} \\
 Z_t & = \text{series dari galat yang ber-autokorelasi}
 \end{array}$$

Dalam fungsi transfer ada dua komponen yang harus diduga yaitu :

- Komponen dari fungsi transfer
- Komponen galat ( $Z_t$ ), dengan menggunakan model ARIMA.

Untuk mengidentifikasi model dari fungsi transfer digunakan plot korelasi silang (*crosscorrelation*). Untuk menghasilkan plot *crosscorrelation* yang berarti, maka perlu dilakukan proses *prewhitened* dari peubah input dan peubah output.

Langkah-langkah *prewhitened* diberikan berikut ini :

- Duga model ARIMA dari peubah input sehingga sisaan dari model tersebut merupakan *white noise*.
- Modelkan (*filter*) peubah respon dengan model yang digunakan pada peubah input
- Korelasikan silang antara deret peubah respon yang sudah difilter dengan deret peubah input yang sudah difilter untuk mendeteksi hubungan antara kedua deret tersebut.
- Interpretasikan plot *crosscorrelation* seperti interpretasi pada plot ACF. AR (*autoregressive*) mengindikasikan bentuk dari denominator (penyebut), dan MA (*moving average*) mengindikasikan bentuk numerator (pembilang).

Model fungsi transfer mempunyai kekurangan, yaitu sangat sulit untuk diidentifikasi. Langkah awal yang dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan memeriksa lag negatif dari plot *crosscorrelation* [2]. Untuk prediksi yang valid dari suatu model fungsi transfer, tidak ada lag negatif yang nyata. Jika terdapat lag negatif yang nyata maka model mengindikasikan adanya *feedback*. Sehingga jika kondisi ini yang terjadi, maka akan digunakan model *state space*.

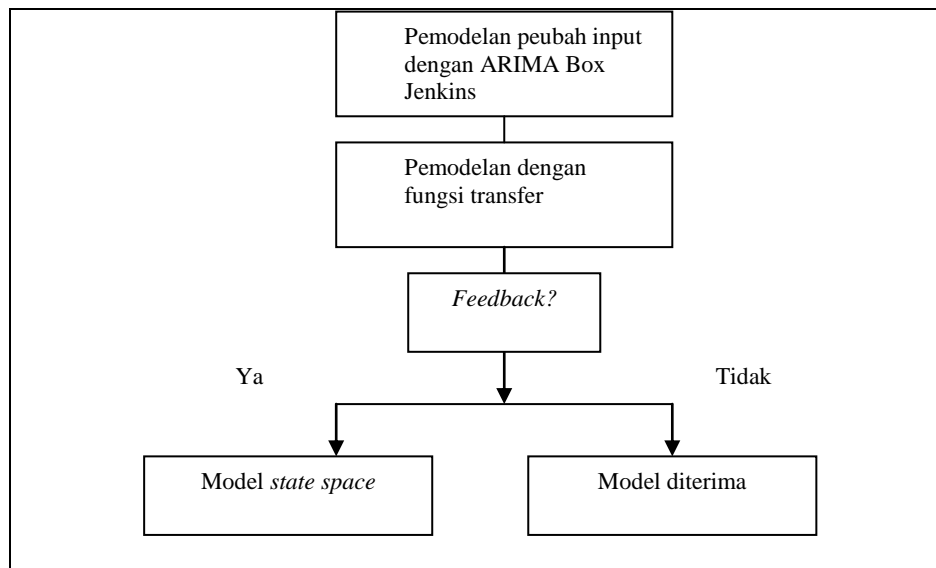
Adapun langkah-langkah pemodelan dengan model *state space* diberikan berikut ini :

- Duga serangkaian model vektor AR (VAR=*vector autoregressive*) untuk lag 0 sampai 10 dan hitung nilai Akaike's information criteria (AIC) untuk masing-masing model. Urutan model VAR dengan nilai AIC yang terkecil, merupakan model yang terpilih dan digunakan dalam analisis korelasi kanonik. Analisis ini digunakan untuk mengetahui seberapa erat hubungan antara peubah respon dengan beberapa peubah penjelas.
- Tentukan unsur dari vektor *state* melalui serangkaian analisis korelasi kanonik dari matrik ragam-peragam. Peubah yang mempunyai korelasi kanonik yang nyata dimasukkan ke dalam vektor *state*, sedangkan peubah yang tidak nyata dikeluarkan dari vektor *state*.
- Duga model *state space* dari data dengan menggunakan pendekatan maximum likelihood.

Fungsi filter yang digunakan dalam model *state space* ini adalah *Kalman's filter*.

### 3 Data dan Metode

Data yang digunakan dalam makalah ini adalah data *series* luas tanam dan luas panen dari Departemen Pertanian selama 10 tahun (1994-2003) untuk Propinsi Sulawesi Selatan. Sedangkan analisis data untuk data luas tanam dan luas panen berdasarkan pada gambar berikut.



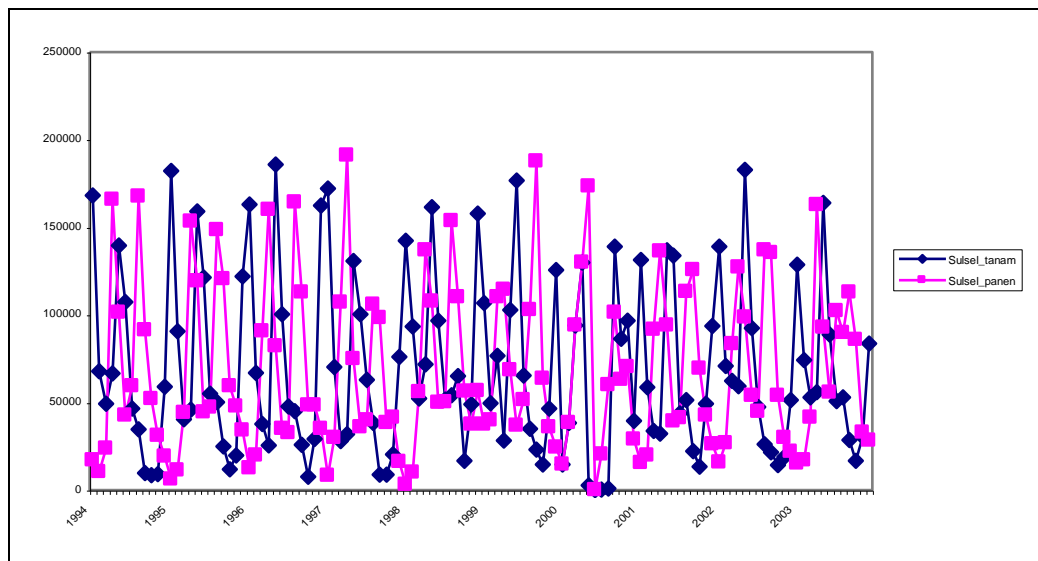
**Gambar 1.** Alur pengolahan data

Sebelum dilakukan pemodelan dengan fungsi transfer terlebih dahulu dilakukan pemodelan dengan model ARIMA untuk masing-masing series luas tanam dan luas panen. Dalam SAS Ins. [2], langkah-langkah yang digunakan sebagai berikut :

1. Plot *series* data, plot autokorelasi (ACF=*Autocorrealation Function*), serta plot autokorelasi parsial (PACF=*Partial Autocorrelation Function*) untuk melihat kestasioneran dari data. Serta sebagai sarana untuk mengidentifikasi apakah terdapat faktor musiman atau tidak.
2. Jika data belum stasioner, maka dilakukan penstasioneran dari data baik untuk nilai tengah maupun terhadap ragam.
3. Identifikasi beberapa model tentatif berdasarkan plot ACF dan PACF data yang sudah stasioner.
4. Dugalah parameter dari masing-masing model tentatif, kemudian bandingkan. Model terbaik adalah model dengan nilai AIC dan SBC yang terkecil. Model ini selanjutnya dipakai dalam fungsi transfer.

## 4 Hasil dan Pembahasan

Pergerakan luas panen dan luas tanam di propinsi Sulawesi Selatan selama 10 tahun (1994-2003) diberikan pada Gambar 2. Pergerakan luas panen ini mengikuti pola pergerakan luas tanam.



**Gambar 2.** *Series* luas tanam dan luas panen padi Propinsi Sulawesi Selatan (1994-2003)

Model ARIMA yang sesuai untuk luas tanam dan luas panen di propinsi Suawesi Selatan adalah ARIMA(0,0,1)(0,1,1)<sup>12</sup>. Fungsi filter yang digunakan dalam analisis dengan fungsi transfer guna menduga luas tanam berdasarkan luas panen, atau sebaliknya, adalah ARIMA(0,0,1)(0,1,1)<sup>12</sup>. Korelasi silang antara luas tanam sebagai peubah respon dan luas panen sebagai peubah input diberikan pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Korelasi silang (*crosscorrelation*) antar peubah penjelas dan peubah respons.

[illegible]

|       |    |            |         |  |   |
|-------|----|------------|---------|--|---|
|       | -1 | 213325567  | 0.22500 |  | . |
| ***** | 0  | -18016761  | -.01900 |  | . |
| .     | 1  | -175530190 | -.18514 |  | . |
| ****  | 2  | -156550381 | -.16512 |  | . |
| .***  | 3  | -127158672 | -.13412 |  | . |
| .***  | 4  | -50987588  | -.05378 |  | . |
| *     | 5  | 6531603    | 0.00689 |  | . |
| .     | 6  | 140377090  | 0.14806 |  | . |
| ***   | 7  | 14444507   | 0.01524 |  | . |
| .     | 8  | -62213924  | -.06562 |  | . |
| *     | 9  | 10081449   | 0.01063 |  | . |
| .     | 10 | -117631645 | -.12407 |  | . |
| **    | 11 | -144353185 | -.15225 |  | . |
| .***  | 12 | 117394160  | 0.12382 |  | . |
| **    |    |            |         |  |   |

"." marks two standard errors

Pada lag -2 dan lag -4, nilai korelasi silangnya cukup signifikan. Hal ini menunjukkan adanya *feedback*. Model *state space* yang digunakan untuk peramalan luas tanam sebagai berikut :

$$\hat{z}_{1(t+1|t+1)} = z_{1(t+1|t)} + a_{1(t+1)}$$

$$\hat{z}_{1(t+2|t+1)} = z_{1(t+1|t)} + 0.0578 a_{1(t+1)} - 0.1223 a_{2(t+1)}$$

$$\begin{aligned} \hat{z}_{1(t+3|t+1)} = & 0.135 z_{1(t|t)} + 0.601 z_{2(t|t)} - 0.938 z_{1(t+1|t)} - 1.044 z_{2(t+2|t)} + 1.573 \\ & z_{1(t+2|t)} + 0.853 z_{2(t+2|t)} - 0.334 a_{1(t+1)} - 0.304 a_{2(t+1)} \end{aligned}$$

Sedangkan model peramalan untuk luas panen sebagai berikut :

$$\hat{z}_{2(t+1|t+1)} = z_{2(t+1|t)} + a_{2(t+1)}$$

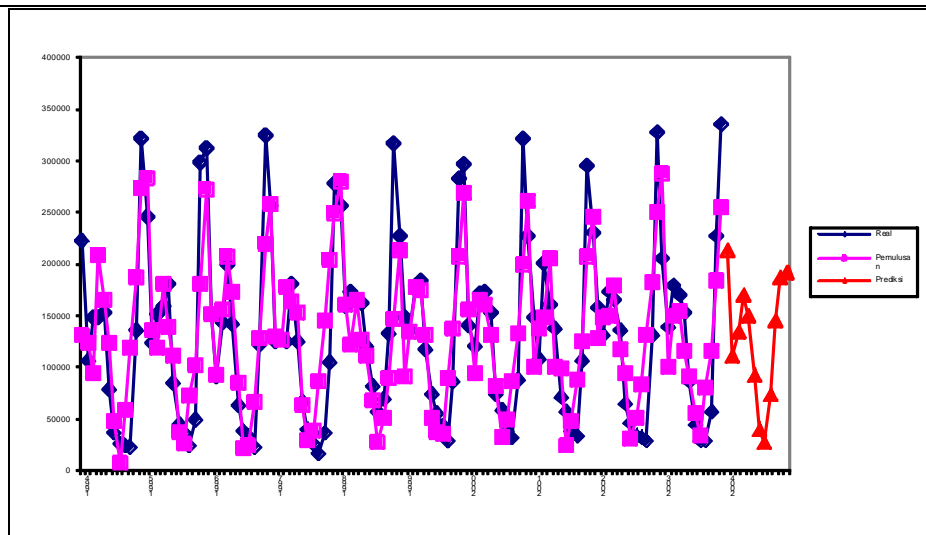
$$\hat{z}_{2(t+2|t+1)} = z_{2(t+1|t)} + 0.004 a_{1(t+1)} - 0.248 a_{2(t+1)}$$

$$\begin{aligned} \hat{z}_{2(t+3|t+1)} = & 0.274 z_{1(t|t)} - 0.375 z_{2(t|t)} + 0.636 z_{1(t+1|t)} + 0.196 z_{2(t+2|t)} - 0.708 \\ & z_{1(t+2|t)} + 0.214 z_{2(t+2|t)} + 0.005 a_{1(t+1)} - 0.375 a_{2(t+1)} \end{aligned}$$

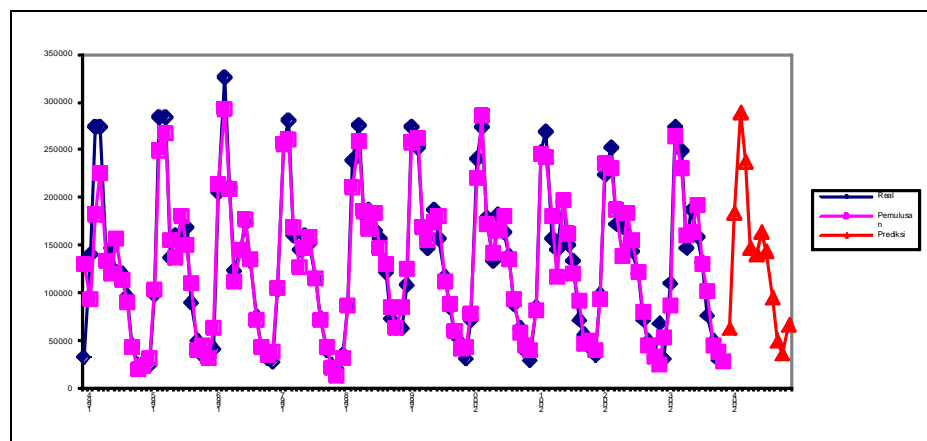
Hasil prediksi untuk bulan Januari-Desember tahun 2004 diberikan pada Tabel 2. Standar deviasi dari sisaan pada luas tanam sebesar 42616.67 dan standar deviasi dari sisaan pada luas panen sebesar 27491.96. Gambar 3 menunjukkan pola data pengamatan dan hasil prediksi luas tanam. Sedangkan Gambar 4 menunjukkan pola data pengamatan dan data hasil prediksi untuk luas panen.

**Tabel 2.** Prediksi luas tanam dan luas panen padi Propinsi Sulawesi Selatan tahun 2004

| Bulan | Luas Tanam |           | Luas Panen |           |
|-------|------------|-----------|------------|-----------|
|       | Prediksi   | Std Error | Prediksi   | Std Error |
| 1     | 94393.65   | 44818.03  | 25121.94   | 27849.25  |
| 2     | 83929.7    | 45068.24  | 34689.81   | 28686.33  |
| 3     | 62813.32   | 47622.7   | 77462.63   | 30545.65  |
| 4     | 65529.14   | 51654.47  | 100941.2   | 41029.18  |
| 5     | 69316.01   | 51793.89  | 92533.56   | 43105.7   |
| 6     | 63906.32   | 52363.59  | 72521.75   | 45088.13  |
| 7     | 58032.44   | 52552.06  | 64751.83   | 48177.4   |
| 8     | 63588.12   | 52899.81  | 64076.65   | 48318.61  |
| 9     | 72612.7    | 53043.49  | 60767.07   | 48916.56  |
| 10    | 74016.85   | 53372.19  | 58375.82   | 49129.26  |
| 11    | 69520.87   | 53381.18  | 63741.33   | 49172.42  |
| 12    | 67433.03   | 53620.86  | 72219.93   | 49303.46  |



**Gambar 3.** Plot *series* data pengamatan dan data prediksi luas tanam padi Propinsi Sulawesi Selatan berdasarkan model *state space*



**Gambar 4.** Plot *series* data pengamatan dan data prediksi luas panen padi Propinsi Sulawesi Selatan berdasarkan model *state space*

## 5 Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa dengan menggunakan model *state space*, data *series* luas tanam dan luas panen untuk data propinsi Sulawesi Selatan saling mempengaruhi. Dalam arti bahwa baik *series* luas panen dalam periode saat ini dipengaruhi oleh satu atau dua periode baik dari luas panen sendiri maupun dari luas tanam. Atau sebaliknya, bahwa *series* luas tanam periode sekarang dipengaruhi oleh satu atau dua periode sebelumnya dari luas tanam sendiri maupun dari luas panen. Sehingga untuk peramalan luas panen dengan memperhitungkan luas tanam atau sebaliknya, model *state space* merupakan salah satu alternatif model yang bisa digunakan.

## Daftar Pustaka

- [1] Hamilton, J. D., 1994, "Time Series Analysis", Princeton University Press, New Jersey.
- [2] SAS Ins., 1996, "Forecasting Examples for Business and Economics the SAS System", SAS Institute Inc. NC, USA.
- [3] Wei, W.W.S., 1990, "Time Series Analysis, Univariate and Multivariate Methods", Adison –Wesley Publishing Company.